

Fuzzy logika

Fuzzy logika

- zavedl Lotfi Zadeh, professor na University of California at Berkley
- pro reprezentaci částečného náležení do množiny, nikoli ano/ne
- idea: lidé také nepotřebují přesnou znalost k rozumnému jednání/řízení
- vícehodnotová logika xxx nástroj na psaní řídicích systémů

Fuzzy systémy

- jsou schopny zpracovávat vágní (vague), nejednoznačnou (ambiguous), nepřesnou (imprecise), zašuměnou (noisy) i chybějící (missing) informaci
- nemodelujeme systém, jen sepíšeme IF X AND Y THEN Z pravidla
- spoléhá na zkušenost operátora, ne na porozumění systému
- existují jisté pokusy fuzzy pravidla učit, ale většinou jsou napsaná expertem a doladěná

Příklady

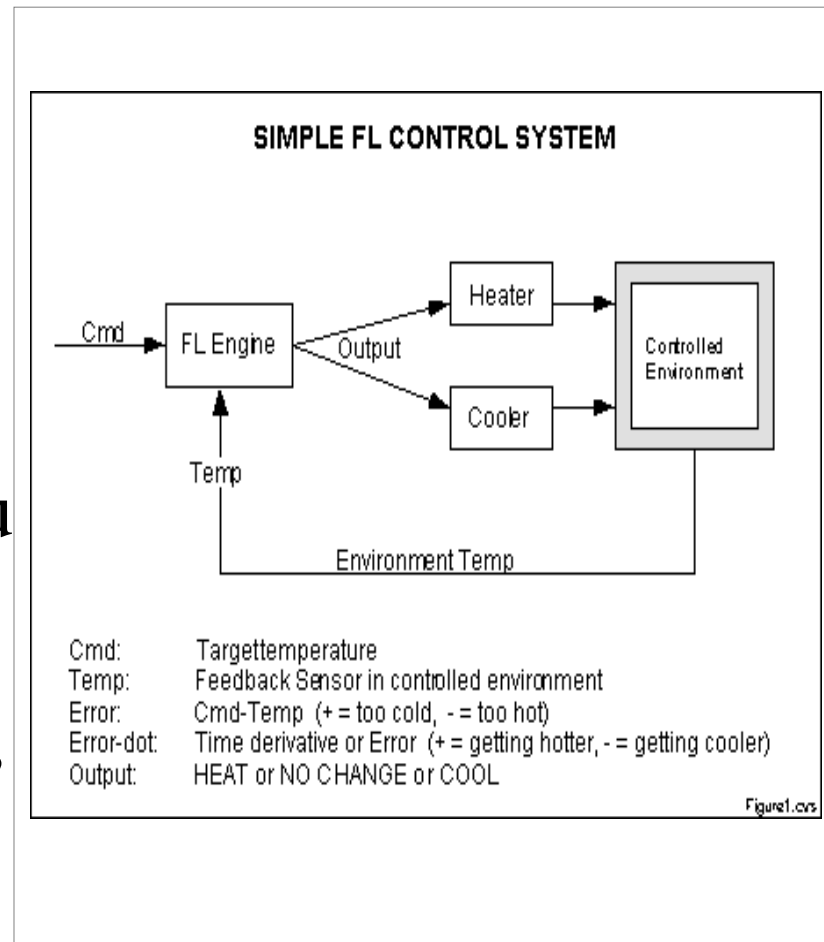
- Pravidla:
 - "IF (process is too cool) THEN (add heat to the process)"
 - "IF (process is too hot) AND (process is heating rapidly) THEN (cool the process quickly)"
- Člověk: teplota vody ve sprše, taky neznáme teplotu a snadno pochvíli nastavíme

Fuzzy systémy

- Jsou robustní, protože nepotřebují přesné, nezašuměné vstupy; reagují i když nemají žádný vstup; výstupní funkce je hladká, i při rychlých změnách vstupu.
- Vytvořen uživatelem, tedy může být snadno modifikován, např. přidáním nového senzoru stačí vytvořit odpovídající pravidla.
- Dokáže zpracovat různé vstupy různé kvality, dovoluje levná řešení s nepříliš kvalitními vstupy.
- Při více vstupech je lepší systém rozložit do několika pod systémů, jinak pravidla budou nepřehledná.
- Fuzzy logika umožňuje řídit nelineární systémy, které jsou obtížné či nemožné modelovat matematicky.

Fuzzy řídicí systém

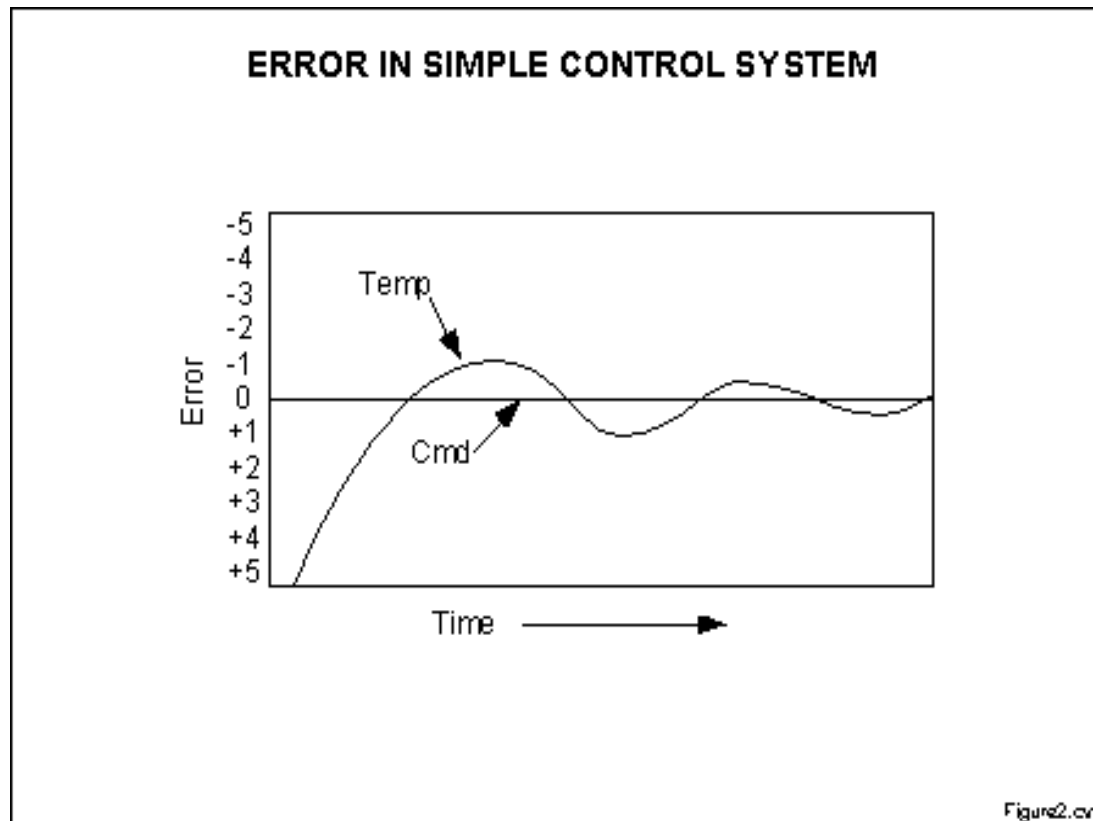
- chceme regulovat teplotu
- máme elektrické topení
- máme ventilátor (chladič) s ovladatelnou intenzitou
- výstupní signál: + topit, - chladit



Lingvistické proměnné

- vytvoříme lingvistické proměnné
 - "N" = "negative" error or error-dot input level
 - "Z" = "zero" error or error-dot input level
 - "P" = "positive" error or error-dot input level
-
- "H" = "Heat" output response
 - "-" = "No Change" to current output
 - "C" = "Cool" output response

Typický průběh systému



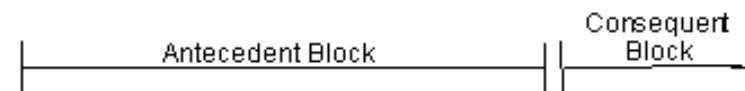
Vstupy a výstupy

- INPUT#1: ("Error", positive (P), zero (Z), negative (N))
- INPUT#2: ("Error-dot", positive (P), zero (Z), negative (N))
- CONCLUSION: ("Output", Heat (H), No Change (-), Cool (C))

Pravidla

- Pro každou dosažitelnou kombinaci vstupů definujeme výstup

RULE STRUCTURE & RULE MATRIX



1. IF Cmd-Temp=N AND $d(\text{Cmd-Temp})/dt=N$ THEN Output=C
2. IF Cmd-Temp=Z AND $d(\text{Cmd-Temp})/dt=N$ THEN Output=H
3. IF Cmd-Temp=P AND $d(\text{Cmd-Temp})/dt=N$ THEN Output=H
4. IF Cmd-Temp=N AND $d(\text{Cmd-Temp})/dt=Z$ THEN Output=C
5. IF Cmd-Temp=Z AND $d(\text{Cmd-Temp})/dt=Z$ THEN Output=NC
6. IF Cmd-Temp=P AND $d(\text{Cmd-Temp})/dt=Z$ THEN Output=H
7. IF Cmd-Temp=N AND $d(\text{Cmd-Temp})/dt=P$ THEN Output=C
8. IF Cmd-Temp=Z AND $d(\text{Cmd-Temp})/dt=P$ THEN Output=C
9. IF Cmd-Temp=P AND $d(\text{Cmd-Temp})/dt=P$ THEN Output=H

		Error - (Cmd-Temp)		
		N	Z	P
Error-dot - (d(Cmd-Temp)/dt)	N	1 C	2 H	3 H
	Z	4 C	5 NC	6 H
	P	7 C	8 C	9 H

Funkce náležení

(membership function)

- graficky reprezentuje míru náležení vstupu do jednotlivých lingvistických proměnných
- přes další operace určují výstup
- nejčastěji „trojúhelníkovité“
- “zvony” -rozdíl logistických funkcí,
- lichoběžníky – s rovnou střežou
- a jiné; složité pak zesložitují výpočty

MEMBERSHIP FUNCTIONS

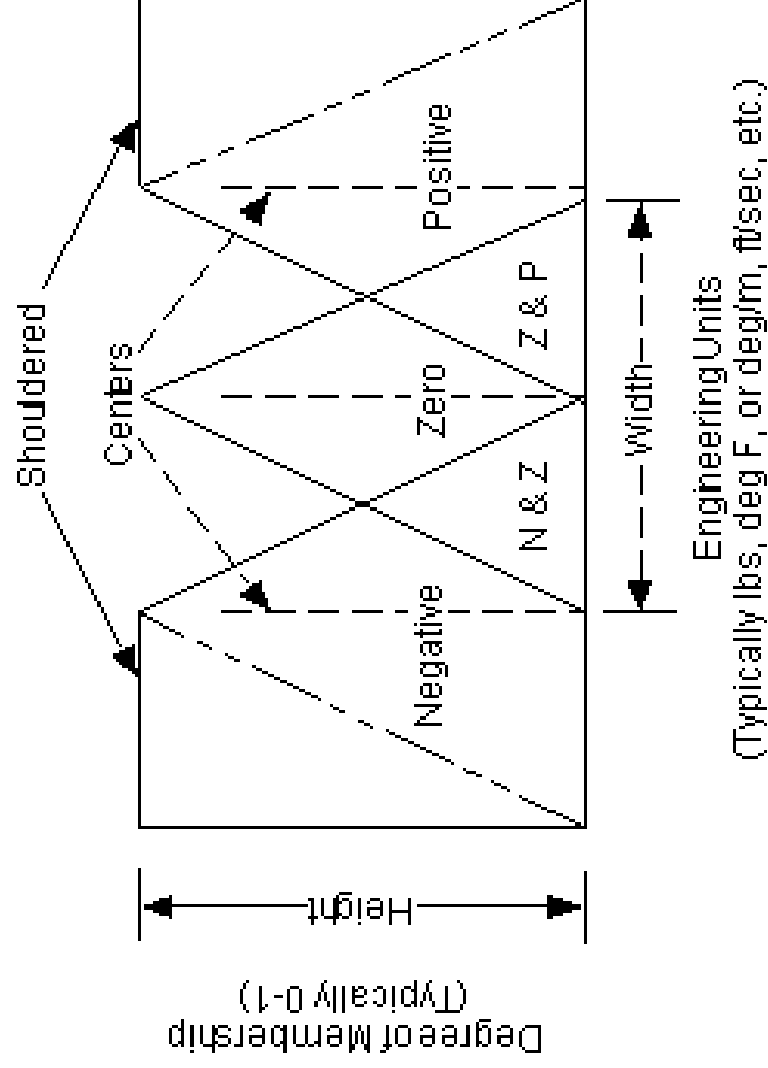
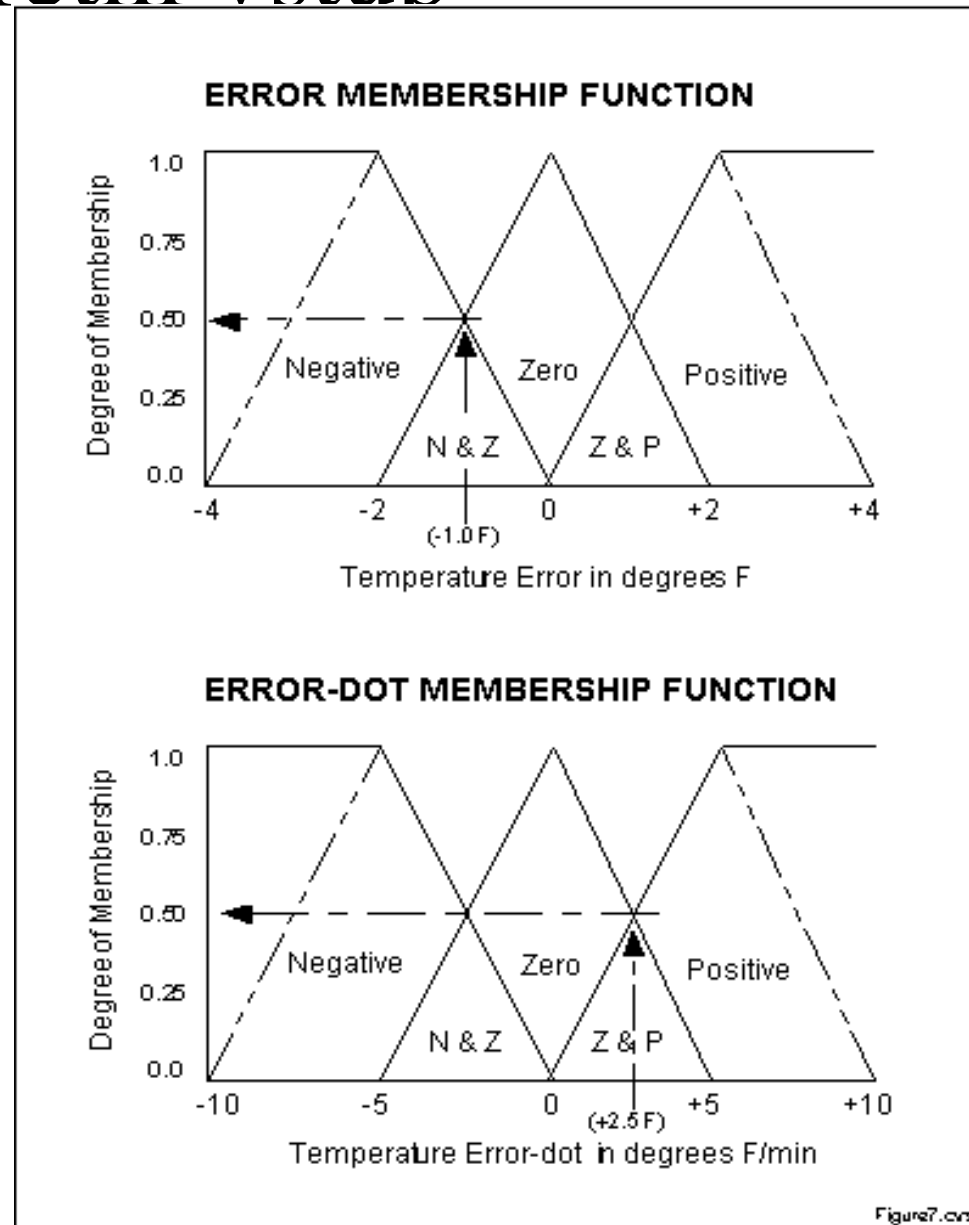


Figure 6.1

Pro konkrétní vstup

- "error" = -1.0:
- "negative" = 0.5 and
- "zero" = 0.5
- "error-dot" = +2.5:
- "zero" = 0.5 and
- "positive" = 0.5



Aplikace pravidel

- 1. If ($e < 0$) AND ($er < 0$) then Cool $0.5 \& 0.0 = 0.0$
- 2. If ($e = 0$) AND ($er < 0$) then Heat $0.5 \& 0.0 = 0.0$
- 3. If ($e > 0$) AND ($er < 0$) then Heat $0.0 \& 0.0 = 0.0$
- 4. If ($e < 0$) AND ($er = 0$) then Cool $0.5 \& 0.5 = 0.5$
- 5. If ($e = 0$) AND ($er = 0$) then No_Chng $0.5 \& 0.5 = 0.5$
- 6. If ($e > 0$) AND ($er = 0$) then Heat $0.0 \& 0.5 = 0.0$
- 7. If ($e < 0$) AND ($er > 0$) then Cool $0.5 \& 0.5 = 0.5$
- 8. If ($e = 0$) AND ($er > 0$) then Cool $0.5 \& 0.5 = 0.5$
- 9. If ($e > 0$) AND ($er > 0$) then Heat $0.0 \& 0.5 = 0.0$

Kombinace pravidel dohromady

- MAX-MIN vybere to s největším výstupem.
 - souřadnice středu daného výstupu je výstup
- AVERAGING
 - spočte průměr pro každou ling. prom. výstupu
- The ROOT-SUM-SQUARE (RSS)
 - kombinuje všechna pravidla odm. součtem čtverců
 - spočítá těžiště
 - matematicky složitá, ale doporučovaná.

Příklad RSS kombinace

- "negative" = $(R1^2 + R4^2 + R7^2 + R8^2)$
(Cooling) = $(0.00^2 + 0.50^2 + 0.50^2 + 0.50^2)^{.5} = 0.866$
- "zero" = $(R5^2)^{.5} = (0.50^2)^{.5}$ (No Change) = 0.500
- "positive" = $(R2^2 + R3^2 + R6^2 + R9^2)$
(Heating) = $(0.00^2 + 0.00^2 + 0.00^2 + 0.00^2)^{.5} = 0.000$

Defuzzifikace

$$\frac{(negCenter * negStrength + zeroCenter * zeroStrength + posCenter * posStrength)}{(negStrength + zeroStrength + posStrength)} = OUTPUT$$

$$\frac{(-100 * 0.866 + 0 * 0.500 + 100 * 0.000)}{(0.866 + 0.500 + 0.000)} = 63.4$$

